

Radiologische Messungen an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes – eine retrospektive, statistische Studie

Andrea R. Hett, André Busato und Gottlieb Ueltschi

Departement für klinische Veterinärmedizin, Universität Bern

Zusammenfassung

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden seitliche Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule (HWS) von Pferden, die als Leit- oder Begleitsymptom eine Ataxie aufwiesen, auf arthrotische Veränderungen hin untersucht. Ziel der Arbeit war die Objektivierung der Röntgendiagnostik an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes. Es wird eine Messmethode vorgestellt, mit der man auf lateralen Röntgenaufnahmen der HWS die Größe eines Wirbels bestimmen kann. An jedem untersuchten Wirbel wurden fünf Strecken gemessen: die Höhe und die Breite des Processus articularis cranialis, die Höhe und die Länge des Corpus vertebrae, sowie die Höhe des Foramen intervertebrale. Mit dieser Methode wurden die Halswirbel von 36 gesunden und 69 an Arthrose erkrankten Pferden gemessen und miteinander verglichen. Statistische Vergleiche ergaben, dass die dorsalen Intervertebralgelenke von Pferden mit arthrotische Veränderungen signifikant größer waren als diejenigen von gesunden Pferden. Die Gelenkfortsätze von erkrankten Pferden waren am sechsten Halswirbel um durchschnittlich 22% und am siebten um 32% breiter. Der Wirbelkörper des siebten Halswirbels war bei bis zu drei Jahre alten Pferden mit Arthrose um durchschnittlich 7 mm kürzer ausgebildet als bei gesunden Tieren. Die Prädilektionsstelle für arthrotische Veränderungen der HWS beim Pferd befand sich zwischen dem sechsten und dem siebten Halswirbel.

Schlüsselwörter: Pferd, Halswirbelsäule, Spondylarthrose, Röntgendiagnostik, Messbarkeit

Radiographic measurements of the equine cervical spine with arthrotic alterations - a retrospective statistical study

During this retrospective study, lateral radiographs of the cervical spine from horses showing ataxia as single or main symptom were examined for arthrotic lesions. The goal of this study was to objectify radiographic diagnosis of arthrosis in the horses cervical spine. A method is being introduced, by which the size of a vertebrae on a lateral radiograph can be determined. On each vertebrae five (5) lengths were measured. The height and width of the processus articularis cranialis, the height and width of the vertebrae and also the height of the foramen intervertebrale. Using these parameters, radiographs of 69 horses with and 36 horses without arthrotic lesions of the cervical spine were evaluated and compared. Statistical analysis was performed and showed, that horses with arthrotic changes of the cervical spine had significantly larger processus articulares craniales than horse without. These processus in changed joints were on an average 22% smaller concerning the sixth and 32% smaller concerning the seventh cervical vertebrae. The length of the seventh cervical vertebrae in horses younger than three years showing arthrotic changes of the cervical spine was on an average 7 mm shorter than the one of sound horses. Predilection site for arthrotic changes of the cervical spine in horse is the sixth and the seventh vertebrae.

Keywords: Horse, Cervical spine, Spondylarthrosis, Radiological examination, Measurements

Einleitung

Die spinale Ataxie gehört zu einer Gruppe von Bewegungsstörungen, die durch Veränderungen in der weißen Substanz des Rückenmarkes entstehen. Das Krankheitsbild der spinalen Ataxie ist auch unter den Begriffen „Wobble-Disease, idiopathische Kreuzlähme, equine incoordination und equine sensory ataxia“ bekannt (Prikett 1968).

Die Bewegungsstörungen können hochgradig, oder zunächst sehr diskret auftreten, wobei ein unkoordinierter Ablauf in der Gliedmaßenführung, insbesondere der Hintergliedmaße, symptomatisch ist. Verstärkt werden diese Erscheinungen beim Rückwärtsrichten des Pferdes, bei kurzen Wendungen und beim Bergaufführen. Mit verbundenen Augen wird die Gangunsicherheit ebenfalls deutlicher. Charakteristisch für

diese Erkrankung ist das in der Regel ungestörte Allgemeinbefinden und die bilaterale Ausprägung der Symptome. (Schebitz und Schulz 1965, Reed et al. 1981, Steel et al. 1959)

Klinisch ist die Vergrößerung der Halswirbelgelenke von Bedeutung, weil die knöchernen Zubildungen den Spinalkanal verengen und infolgedessen das Rückenmark komprimieren können. (Gerber et al. 1989). Diese Kompression führt klinisch zur Ataxie. Spondylarthrotische Prozesse und andere Knochenalterationen finden sich häufig an der Halswirbelsäule des Pferdes. (Schulz et al. 1965, Rooney 1963) Knöchernere Deformationen an den dorsalen Intervertebralgelenken sind schon lange bekannt. (Dimock und Errington 1939). Arthrotische Veränderungen finden sich primär an den Proces-

sus articulares und äußern sich in Knorpelläsionen und knöchernen Zubildungen. Für die Bestätigung der klinischen Diagnose der zervikalen Spondylarthrose ist eine Röntgenuntersuchung unerlässlich. Radiologisch sichtbare Veränderungen an den Gelenkfacetten äußern sich besonders durch eine erhöhte Knochendichte (subchondrale Sklerosen), knöchernen Zubildungen und unregelmäßige Gelenkspalten (Nixon et al. 1983, Powers et al. 1986). Die Prädispositionsstelle der Spondylarthrose befindet sich im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule, wobei das Gelenk C6/C7 am häufigsten betroffen ist (Gerber et al. 1985, Powers et al. 1986, Gavin 1986). Eine Altersprädisposition ist fraglich. Die beim Menschen so häufig diagnostizierte Altersarthrose ist beim Pferd unwahrscheinlich, da gerade jüngere Tiere erkranken (Mechlenburg 1967, Schulz et al. 1965). Hengste und Wallache erkranken häufiger als Stuten. Zuchttiere werden jedoch seltener radiologisch untersucht als Sportpferde. Außerdem sind Pferde im Training eher einem Unfallrisiko ausgesetzt als Zuchtstuten (Papageorges et al. 1987, Reed et al. 1981). Eine Rasseprädisposition scheint nicht vorzuliegen (Gerber et al. 1981).

Ob und wann ein Intervertebralgelenk als vergrößert anzusehen ist, blieb bisher unklar. Um dieser Frage nachzugehen, wurden im Rahmen einer retrospektiven Studie Röntgenaufnahmen von Pferden mit zervikaler Spondylarthrose untersucht und mit Aufnahmen von Halswirbeln gesunder Pferde verglichen. Ziel der Studie war der Nachweis der Vergröße-



Abb 1 Partielle Sklerose C5 - C7. Die Processus articulares craniales und caudales des 6. und 7. Halswirbels sind partiell sklerosiert und vergrößert. Die Gelenkspalten der Intervertebralgelenke C5/6 und C6/7 sind verbreitert und unregelmäßig ausgebildet.

Partial sclerosis C6 -C7. The cranial and caudal articular facets of the sixth and seventh cervical vertebra are enlarged and show partial sclerosis.

rungen an den Intervertebralgelenken durch messbare Zahlenwerte, um die Röntgendiagnostik an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule zu objektivieren. Bei der Beurteilung der Halswirbelsäule soll der Praktiker anhand von zwei zu messenden Strecken auf der Röntgenaufnahme feststellen können, ob ein Intervertebralgelenk arthrotisch vergrößert ist.

Material und Methoden

Pferdepopulation

Die für die Studie verwendeten Pferde stammten aus dem Patientengut der Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern. Insgesamt sind 116 Tiere im Zeitraum von 1990 bis 1997 mit arthrotische Veränderungen in der Halswirbel-

säule in der Abteilung für Radiologie und Nuklearmedizin untersucht worden. Davon wiesen 82 Pferde Arthrosen im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule zwischen dem fünften und siebten Halswirbel auf. Von 69 Patienten dieser Gruppe sind Krankengeschichten und Röntgenaufnahmen ausgewertet worden. Zum Vergleich sind 36 Röntgenuntersuchungen von unveränderten Halswirbelsäulen beurteilt worden.

Das Rassespektrum war vielfältig und umfasste Warmblut- und Vollblutpferde. Die Altersverteilung war bei den gesunden Pferden relativ gleichmäßig. Bei den kranken Tieren dominierten Pferde, die jünger als zwei Jahre oder zwischen vier und acht Jahren alt waren. 22 der 36 gesunden Tiere waren männlichen Geschlechts, 18 Wallache und 4 Hengste. Bei zwei Patienten fehlten die Angaben. Die Gruppe der kranken Pferde bestand zu 2/3 aus Wallachen (38) und Hengsten (8). Bei einem Patienten lagen keine Angaben vor.

Aufnahmetechnik und Abbildungssystem

Am liegenden oder stehenden Patienten wurden im lateralen Strahlengang jeweils drei bis vier Aufnahmen im Format 30 x 40 cm gemacht. Zentriert wurde nacheinander auf die Gelenke C1-C2, C3-C4, und C5-C6. Das Gelenk C6-C7 wurde auf Grund der zu durchstrahlenden Masse häufig unter



Abb 2 Stark vergrößerter Gelenkfortsatz mit hochgradigem Knochenbau C5-C7. Periartikuläre Zubildungen an der Gelenkfacette des 7. Halswirbels verursachen eine Verengung des Foramen intervertebrale laterale. Der Gelenkfortsatz des 7. Halswirbels ist stark vergrößert und sklerosiert.
Very pronounced enlargement of the articular facets of C5-C7. Periarticular new bone formation of the articular facet of C7 causes diminution of the intervertebral foramen. The articular processes are greatly enlarged and sclerosed.

Verwendung eines Tubus, mit einem Fokusfilmabstand von 150 cm, gesondert dargestellt. Als Abbildungssystem wurden hochverstärkende Folien (SE 8 CAWO), Curix RP1-Röntgenfilm (AGFA – GEVAERT) und ein Kreuzraster (2 x 6:1) gewählt. Seit 1992 wurde die digitale Lumineszenzradiographie (Fuji AC-1) eingesetzt.

Methode der Messung

Bei den gesunden Pferden konnten die Größenverhältnisse der vierten, fünften, sechsten und siebten Halswirbel erfasst wer-

den. Bei den Pferden mit Arthrose ist jeweils der sechste und der siebte Halswirbel beurteilt worden. Der vierte und der fünfte Wirbel wurden nicht in die Messung mit einbezogen, weil arthrotische Veränderungen in diesem Bereich selten auftraten.

An jedem der untersuchten Wirbel wurden fünf Strecken gemessen. Die Höhe und die Breite des Processus articularis cranialis, die Höhe und die Länge des Corpus vertebrae, sowie die Höhe des Foramen vertebrale. Die ersten beiden Werte beschreiben die Größe des Gelenkfortsatzes, die anderen drei Werte ergeben Referenzwerte, um die Größe des Wirbels darzustellen. Diese fünf Strecken stellen die Zielgrößen dar, die später statistisch ausgewertet wurden. Im folgenden werden die Messungen als M1, M2, M3, M4 und M5 bezeichnet.

Die Höhe (M1) des Processus articularis cranialis stellt das Mass für den Durchmesser des Gelenkhalses dar. Sie ergibt sich aus der Strecke zwischen dem kaudalsten Punkt des Foramen intervertebrale und dem gegenüberliegenden, höchsten Punkt des Gelenkhalses. Die Breite (M2) des Processus articularis cranialis ist die Distanz, die am letzten Messpunkt beginnt und sich bis zum äußersten, kranialen Punkt an der Gelenkfacette erstreckt. Die Länge (M3) des Corpus vertebrae ist definiert als die dorsale Verbindungslinie zwischen der Extremitas cranialis und der Extremitas caudalis. Die Höhe des Corpus vertebrae ist die Strecke, die im rechten Winkel von der letz-



Abb 3 Randwulst dorsal am Intervertebralgelenk C5/6, massive Vergrößerung der Gelenkfacetten von C6/C7. C5-C7. Die Gelenkfortsätze des 5., 6. und 7. Halswirbels sind vergrößert und sklerosiert. Der Randwulst dorsal von C5/6 gehört zu den periartikulären Zubildungen, die das Intervertebralgelenk umgeben.
Marginal osteophyte formation of the intervertebral joint C5-C6 with pronounced enlargement of the articular processes. The articular processes of the fifth, sixth and seventh cervical vertebra are enlarged and show sclerosis. The dorsal osteophyte of C5-C6 belongs to the newly formed bone surrounding the intervertebral joint.

ten Messlinie auf den tiefsten Punkt des Wirbelkörpers trifft (M4). Die Höhe des Foramen vertebrale ist das Lot, dass von der Messlinie der Wirbelkörperlänge auf die dorsale Begrenzungslinie des Foramen vertebrale gefällt wird (M5).

Die Messungen sind mit einem speziellen Lineal direkt auf den Röntgenaufnahmen am Negatoskop durchgeführt worden. Das Lineal bietet verschiedene Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsmaßstäbe, so dass die Mess-Skala jeweils dem

entsprechenden Maßstab des Röntgenbildes angepasst werden kann. Die digitalisierten Röntgenaufnahmen ab dem Jahr 1997 sind im Computer archiviert; sie wurden mit einem Computerprogramm der Bearbeitungsstation, HIC 654 von Fuji, gemessen.

Statistische Verfahren

Um die Wiederholbarkeit der Messungen zu überprüfen, wurden die einzelnen Wirbel an verschiedenen Tagen insgesamt dreimal gemessen. Die Wiederholbarkeit wurde gemäß Fleiss (1986) bestimmt. Die Zusammenhänge der einzelnen Messstrecken wurden mit Korrelationskoeffizienten ermittelt (Pearson Korrelation). Die Unterschiede der Messstrecken zwischen gesunden und erkrankten Tieren wurden mit Hilfe von linearen Modellen bestimmt. Bei der deskriptiven Statistik fiel auf, dass einzelne Rassen nur durch ein Pferd vertreten sind. Es wurde eine Kategorisierung eingeführt, bei der die Rasse durch Variablen ersetzt wurde, die jeweils nur zwei Werte aufwies. Anstelle der Rasse wurde die Pferdepopulation nach Alter und Typ unterteilt. Für die Variable Alter sind die Werte „juvenil“ und „adult“ definiert. Die Gruppe der juvenilen Tiere ist bis drei Jahre alt, die adulten Pferde sind älter als drei Jahre. Für ein zweites Modell wurde die Population nach dem Typ des Exterieurs unterteilt. Die Variable Typ umfasst die Werte „leicht gebaut“ (L) und „mittelschwer gebaut“ (M). Als Ziel-



Abb 4 Lage der Messstrecken M1-M5 auf der Röntgenaufnahme.
Position of the line segments M1-M5 in the radiograph

größe dienten die Messstrecken M1-M5; als erklärende Variable wurde der Gesundheitszustand (gesund, Arthrose) verwendet. In sämtlichen derartigen Modellen wurden zusätzlich das Geschlecht der Tiere (Stute, Hengst, Wallach) sowie die grobe Klassifikation der Körpergröße bzw. des Körperbaus (leicht gebaute Pferde, mittelschwer gebaute Pferde) und das Alter der Tiere (bis 3 Jahre alt, älter als 3 Jahre) als mögliche Störgrößen in die Modelle einbezogen. Abhängig von den Variablen Alter und Typ wurden zwei Modelle erstellt und miteinander verglichen. Aus statistischer Sicht waren beide Modelle zufriedenstellend. Aus klinischer Sicht ist die Einteilung der Pferde in Alterskategorien, aufgrund der altersbedingten Unterschiede in der Knochenentwicklung, sinnvoller. Für die Beurteilung der Messungen innerhalb der einzelnen Wirbel wurde für gesunde und kranke Pferde getrennt ein hierarchisches Design verwendet. Als Zielgröße wurde M3 verwendet. Erklärende Variable stellte M2 (Alter), bzw. M1 (Alter)

dar. Der Wirbel, der Typ und das Geschlecht der Tiere wurden als mögliche Störgrößen in das Modell mit einbezogen.

Für die Analysen wurden folgende Modelle verwendet:

$$Mx = \text{Status} + C + \text{Alter} + \text{Geschlecht} + \text{Typ} + e$$

$$M3 = M2(\text{Alter}) + C + \text{Geschlecht} + \text{Typ} + \text{Alter} + e$$

$$M3 = M1(\text{Alter}) + C + \text{Geschlecht} + \text{Typ} + \text{Alter} + e$$

$$(Mx = \text{Zielgröße, M1-M5., C = Wirbel, e = Restfehler})$$

Die Überprüfung der Übereinstimmung von beobachteten Daten und Modellen erfolgte mit Residualanalysen und Bestimmung von Determinationskoeffizienten (R^2). Im folgenden werden Mittelwerte \pm Standardabweichungen (STD) angegeben. Für sämtliche Tests ist eine Signifikanzschwelle von 0.05 festgelegt worden.

Tab 1 Messgrößen M1-M5. Alle Angaben in Millimeter. Bei der gesunden Gruppe standen für C4 96, für C5 und C6 je 84 und für C7 72 Einzelmessungen zur Verfügung. Bei der Gruppe mit arthrotischen Veränderungen lagen bei C6 143 und bei C7 200 Messungen vor.

Table of the line segments M1 – M5. All measurements are in mm. In the group of the sound horses 96 single measurements for C4, 84 for C5 and C6 and 72 for C7 were available. In the group with arthrotic alterations 143 measurements for C6 and 200 for C7 were at disposal.

Wirbel	M1	M2	M3	M4	M5
C4 ges	21.7 \pm 4.3	52.4 \pm 6.6	103.4 \pm 9.1	35.0 \pm 3.6	22.6 \pm 2.9
C4 arthr	--	--	--	--	--
C5	29.1 \pm 4.1	55.1 \pm 6.6	100.2 \pm 9.2	36.8 \pm 3.6	23.2 \pm 2.8
C4 arthr	--	--	--	--	--
C6	32.3 \pm 5.7	56.6 \pm 8.3	95.7 \pm 9.5	37.3 \pm 4.0	26.0 \pm 3.3
C6 arthr	39.4 \pm 5.9	62.7 \pm 8.9	96.9 \pm 9.4	39.4 \pm 4.4	26.1 \pm 2.9
C7	37.8 \pm 7.1	57.9 \pm 8.1	82.0 \pm 11.1	39.7 \pm 3.7	29.0 \pm 3.4
C7 arthr	50.1 \pm 7.0	69.6 \pm 8.7	80.7 \pm 8.8	42.9 \pm 4.9	31.2 \pm 3.7

Ergebnisse

Mittelwerte der einzelnen Wirbel bei gesunden Pferden und Pferden mit Arthrose

Zunächst wurden die arithmetischen Mittelwerte der Messungen M1-M5 berechnet. Berücksichtigt wurden nur der Status der Tiere (gesund, arthrotisch) und der Wirbel (C6, und C7). Die Wiederholbarkeit betrug am sechsten Wirbel bei M1 0.79 und bei M2 0.74. Am siebten Halswirbel ergab sich für M1 eine Wiederholbarkeit von 0.84 und für M2 ein Wert von 0.76. Die Determinationskoeffizienten der Modelle variierten zwischen 67.2% und 24.7%. Die erklärenden Variablen Status, Wirbel und Geschlecht wiesen bei allen Messungen, mit Ausnahme der Messung M5 signifikante Werte auf. Der Status wies bei den Messungen M1 bis M4 höchst signifikante Werte auf. Aufgrund der Residualanalysen lagen keine Hinweise einer Misspezifikation zwischen Daten und Modellen vor.

Pearson Korrelation Koeffizienten

Korrelation der Messungen M1, M2 und M3 für den Mittelwert der Wirbel C6 und C7

In der Gruppe der gesunden Pferde korrelierte die Messung M3 negativ mit M1. Der Korrelationskoeffizient war höchst

signifikant und betrug -0.35 . M3 korrelierte positiv mit M2 bei einem Korrelationskoeffizienten von 0.12. Der Wert war signifikant. M1 korrelierte positiv mit M2 mit einem höchst signifikanten Korrelationskoeffizienten von 0.57. Der Stichprobenumfang umfasste 336 Wirbel für die Messungen M1, M2 und M3.

In der Gruppe der Pferde mit Arthrose korrelierte M3 ebenfalls negativ mit M1. Der Korrelationskoeffizient war höchst signifikant und betrug -0.33 . Die Messung M3 korrelierte positiv mit M2. Die Korrelation war signifikant und betrug 0.11. M1 korrelierte ebenfalls positiv mit M2, mit einem höchst signifikanten Korrelationskoeffizienten von 0.62. Der Stichprobenumfang der Messungen M1 und M2 umfasste 346 Wirbel; M3 wurde durch 324 Wirbel repräsentiert.

Diskussion

Die Messergebnisse von M1 und M2 bestätigen die Annahme, dass die Gelenkfortsätze von Pferden mit zervikalen Arthrosen deutlich vergrößert sind. Die Processus articulares craniales werden von kranial nach kaudal in der Halswirbelsäule größer. Am sechsten Wirbel ist die Höhe des Gelenkfortsatzes (M1) bei kranken Pferden durchschnittlich 22 % größer als bei gesunden Tieren. Am siebten Halswirbel beträgt die Differenz 32 %. Die Länge des Gelenks (M2) ist



Abb 5 Arthrotisch vergrößerte Gelenkfacetten des Intervertebralgelenks C6/7 mit hgr. Knochenumbau und Fragmente. C6-Th1. Die Gelenkfacetten des 7. Halswirbels und des 1. Thorakalwirbels sind stark vergrößert und sklerosiert. Die entsprechenden Gelenkspalten sind kaum noch zu erkennen. Die Fragmente des Gelenkfortsatzes des 7. Halswirbels befinden sich im dorsalen Bereich. Die Foramina intervertebralia sind durch die vergrößerten Gelenkfacetten scheinbar stark eingeengt.
Enlarged articular processes of the arthritic intervertebral joint C6-C7 showing greatly enhanced bone formation and bony fragments. The articular processes of the seventh and first thoracic vertebra are greatly enlarged and show sclerosis. The articular space is hardly recognisable. The intervertebral foramina are strongly reduced in size by the enlarged articular facets.

am sechsten Halswirbel bei Pferden mit Arthrose durchschnittlich 11 % größer als bei gesunden Tieren. Am siebten Wirbel ist die Differenz mit 20 % noch offensichtlicher. Entsprechend der in der Literatur vertretenen Meinung werden die Wirbelkörper von kranial nach kaudal kürzer. Bei gesunden Pferden nimmt die Länge der Wirbelkörper (M3) vom

vierten zum fünften Halswirbel durchschnittlich um 3.2 mm ab. Der sechste Halswirbel ist 4.5 mm kürzer als der fünfte Wirbel und bei dem siebten Halswirbel reduziert sich die Länge des Wirbelkörpers um weitere 13.7 mm. Bei kranken Tieren ist der Unterschied noch deutlicher. Der siebte Halswirbel ist bei Pferden mit Arthrose durchschnittlich 16.2 mm kürzer als der sechste Wirbel. Die Höhe des Wirbelkörpers (M4) vergrößert sich geringfügig von kranial nach kaudal um durchschnittlich 1.6 mm. Die Höhe des Wirbelkanals (M5) wird ebenfalls von kranial nach kaudal größer.

Durch die Unterteilung des Untersuchungsmaterials in juvenile und adulte Tiere werden altersbedingte Unterschiede offensichtlich. Die Höhe des Gelenkfortsatzes (M1) ist bei adulten, gesunden Pferden an C6 und C7 durchschnittlich 1.3 mm größer, als bei juvenilen, gesunden Pferden. Dagegen sind die arthrotisch veränderten Halswirbel bei juvenilen und adulten Tieren etwa gleich groß. Betrachtet man die Mittelwerte des siebten Halswirbels, wird die Differenz deutlicher. Bei gesunden Tieren ist M1 bei Pferden bis drei Jahre 4 mm kleiner als bei Pferden, die älter als drei Jahre sind. Bei Pferden mit Arthrose beträgt die Differenz zwischen den Gruppen nur einen Millimeter.

Aufgrund ihrer klinischen Relevanz und der höchst signifikanten Unterschiede können Höhen- und Längenzunahme der Gelenkfortsätze bei der radiologischen Beurteilung der



Abb 6 Intraartikuläre Fragmente im Intervertebralgelenk C6/7 C6-C7. Die Gelenkfacette des 7. Halswirbels ist stark vergrößert und sklerosiert. Dorsal im Intervertebralgelenk befinden sich zwei Fragmente.

Intervertebral joint of C6-C7 with intraarticular fragments. Radiograph of C6 and C7. The articular facets are strongly enlarged and show increased density. In the dorsal aspect of the intervertebral joint two bony fragments are visible.

arthrotischen Halswirbelsäule berücksichtigt werden. Bei Pferden bis drei Jahre ist besonders die Höhenzunahme (M1) von Interesse. Bei älteren Tieren ist die Längenzunahme (M2) das primäre Kriterium. Diese Angaben sind Richtwerte, es sollten daher immer beide Messungen beurteilt werden.

Der Mittelwert M3, der für den sechsten und siebten Halswirbel bei gesunden, juvenilen Pferden ermittelt wurde, liegt deutlich über dem Mittelwert der kranken Tiere. Die Länge der Wirbelkörper bei den bis drei Jahre alten Pferden mit Arthrose nimmt infolge der Erkrankung ab. Geht man weiter ins Detail und

überprüft die einzelnen Mittelwerte von C6 und C7, fällt auf, dass die Verkürzung der Wirbel besonders den siebten Wirbel betrifft. Die arthrotischen Wirbelkörper sind bei C7 durchschnittlich 7 mm kürzer. Bei C6 beträgt die Differenz 4 mm. Bei adulten Pferden sind die Wirbelkörper der kranken Tiere länger als bei gesunden Pferden, wenn auch nur geringfügig.

Die Ursachen der Verkürzung der Wirbelkörper bei juvenilen, kranken Pferden ist völlig unklar. Da die Häufigkeit der Veränderungen schon bei der juvenilen Gruppe sehr hoch ist, darf von einer Entwicklungsstörung der Halswirbelsäule ausgegangen werden. Die Messungen M1 und M2 korrelieren bei gesunden und kranken Pferden positiv. Mit Ausnahme des fünften Halswirbels bei gesunden Pferden sind die Werte höchst signifikant. Die Höhe des Processus articularis kranialis vergrößert sich proportional zur Breite des Gelenkfortsatzes. Bei kranken Pferden korreliert am sechsten Halswirbel die Länge des Wirbelkörpers (M3) positiv mit der Höhe und der Breite des Gelenkfortsatzes (M1, M2). Bei gesunden Pferden korreliert M3 nur am vierten Halswirbel mit M1 und M2.

Qualitativ gute Aufnahmen sind für die Diagnose einer Arthrose essentiell. Auf dem Röntgenbild wird die dreidimensionale Halswirbelsäule in zweidimensionaler Form abgebildet. Die nicht korrekte Lagerung des Pferdehalses oder eine falsche Zentrierung des Röntgenstrahlenbündels auf die Halswirbelsäule führen zu Überlagerungen. Dadurch entstehen



Abb 7 Generalisierte Sklerose C5-C6. Aufnahme mit Tubus. Die Sklerosierung erstreckt sich über den gesamten Gelenkfortsatz bis auf den Wirbelkörper. Der Gelenkfortsatz ist massiv vergrößert und überlagert das Foramen intervertebrale.

Generalised sclerosis of the articular processes. X-ray image of the cervical vertebra C5-C6. Radiograph taken with size limited x-ray beam. The sclerotic process involves the whole articular processes and part of the vertebral body. The articular processes are greatly enlarged and cover the intervertebral foramen.

Verzerrungen, so dass Gelenkfacetten und Gelenkspalten nicht mehr beurteilt werden können.

Die zu untersuchenden Pferde sind alternativ im Stehen oder im Liegen geröntgt worden. Durch das unterschiedliche Verhältnis Fokusfilmapstand/Fokusobjektstand entsteht ein Vergrößerungsfaktor, der als mögliche Störgröße das Messergebnis beeinflusst. Dieser methodische Fehler trägt zu dem Anteil der Variation bei und erhöht den Restfehler. Ohne den Vergrößerungsfaktor in unsere Berechnung einzubeziehen, könnten

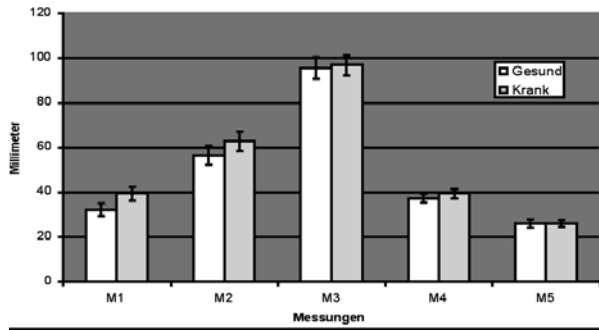


Abb 8 (C6) Values of line segments M1-M5 of C6 for the sound and the arthrotic group.

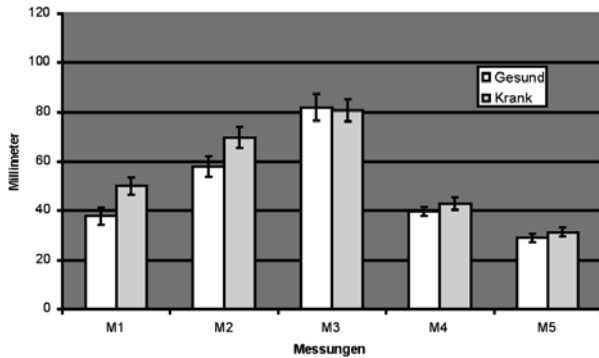


Abb 9 (C7) Values of line segments M1-M5 of C7 for the sound and the arthrotic group

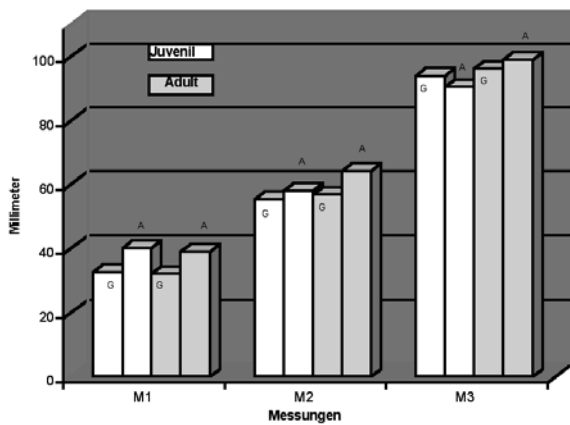


Abb 10 (C6, abhängig vom Alter). Age relationship of M1-M3 of C6.

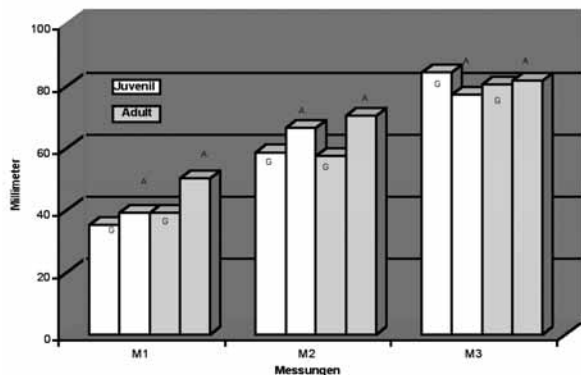


Abb 11 (C7, abhängig vom Alter) Age relation of M1-M3 of C7.

wir signifikante Ergebnisse erzielen. Vermutlich hat der Vergrößerungsfaktor nur einen geringen Einfluss auf die Messergebnisse; er sollte aber in Zukunft in weitere Berechnungen einbezogen werden, um den Anteil der Variation zu minimieren.

Die statistische Auswertung zeigt jedoch, dass trotz des persönlichen Fehlers signifikante Ergebnisse vorliegen. Die Wiederholbarkeit der Messungen M1 und M2 ist für den vierten und fünften Halswirbel mit über 90% und für den sechsten und siebten Wirbel mit über 70% gut.

Mit Hilfe der im Anhang beschriebenen Messtechnik kann jeder Praktiker die vorgestellte Messmethode für die Diagnostik verwenden. Die Größenunterschiede der arthrotisch vergrößerten Gelenkfortsätze sind im Vergleich zu gesunden Halswirbeln so groß, das die Vergrößerung trotz ungenauer oder mangelhafter Messtechnik festzustellen ist. Tierärzte mit wenig praktischer Erfahrung können somit einfach und sicher arthrotisch veränderte Bereiche in der Halswirbelsäule auf Röntgenaufnahmen erkennen.

Die Altersverteilung der untersuchten Pferde entspricht der Verteilung, die Gerber et al. (1989) in ihrer Untersuchung über die Halswirbelsäule des Pferdes angegeben haben. Der größere Teil der erkrankten Pferde ist jünger als acht Jahre und damit älter als diejenigen aus dem englischsprachigen Raum. Bei der Geschlechtsverteilung bestätigen sich die Angaben aus der zugänglichen Literatur. Es dominieren männliche Tiere. Die Prädilektionsstelle der arthrotischen Veränderungen liegt im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule zwischen dem sechsten und siebten Wirbel. Dieses Resultat stimmt mit den Ergebnissen von Gerber et al. (1989) sowie von Powers et al. (1986) überein.

Die Auswertung der Vorberichte hat sich als problematisch erwiesen. Neben der Ataxie als Leit- oder Begleitsymptom traten diverse andere Symptome auf, die auf Veränderungen in der Wirbelsäule hinwiesen. Es war teilweise schwierig, das Leitsymptom in der Anamnese zu erkennen, weil die Vorberichte nicht nach einem einheitlichen Fragebogen aufgenommen wurden. Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, sind die Vorberichte von mehreren Tierärzten aufgenommen worden. Die Beurteilung eines Patienten mit ataktischen Bewegungen, bzw. die Durchführung einer Lahmheitsuntersuchung ist jedoch eine sehr individuelle Angelegenheit. Fest steht, dass Lahmheiten, besonders der Hintergliedmaßen, ein häufiger Grund zur Untersuchung der Halswirbelsäule waren. Bei einigen Pferden war lediglich eine diskrete Lahmheit in den Hintergliedmaßen zu erkennen. Auf den Röntgenaufnahmen konnte eine zervikale Spondylarthrose nachgewiesen werden, obwohl die Tiere bei der Untersuchung keine Ataxie oder andere typische Symptome geäußert haben. Solche Fälle zeigen, dass bei Lahmheiten noch mehr auf den gesamten Bewegungsapparat, inklusive der Halswirbelsäule, geachtet werden muss.

Obwohl seit Jahren in der Fachliteratur Berichte über die zervikale Spondylarthrose publiziert werden, wird der Halswirbelsäule in der Diagnostik viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, wie wichtig es für Pferd und Reiter ist, arthrotische Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule zu erkennen und zu diagnostizieren.

ren. Die Arthrose ist in jedem Fall eine progressive Erkrankung, für die es keine Therapie gibt. Die Geschwindigkeit mit der sich die Symptome der Ataxie manifestieren werden, ist ungewiss. Die Prognose ist schlecht. Da es jederzeit zu den durch die Rückenmarkskompression bedingten Ausfallerscheinungen kommen kann, stellt die Verwendung eines arthrosekranken Pferdes im Sport ein erhebliches Risiko da. Schwere Stürze können für Pferd und Reiter lebensgefährlich sein. Da die Möglichkeit der Vererbung einer Prädisposition zur Arthrose nicht ausgeschlossen werden kann, ist auch die Verwendung des Tieres in der Zucht fragwürdig.

Schlussfolgerungen

Die herkömmliche Diagnostik einer Arthrose in der Halswirbelsäule beschränkt sich auf visuelle Kriterien wie z.B. verbreiterte Gelenkspalten, Sklerosierung und unregelmäßige Konturen der Gelenkfacetten im Bereich der Intervertebralgelenke. Diese Form der Beurteilung ist jedoch sehr subjektiv und erfordert langjährige Erfahrung, um eine gesicherte Diagnose zu stellen. Mit der Möglichkeit, die Größe der Gelenkfortsätze zu erfassen, ist es einfacher geworden, arthrotische

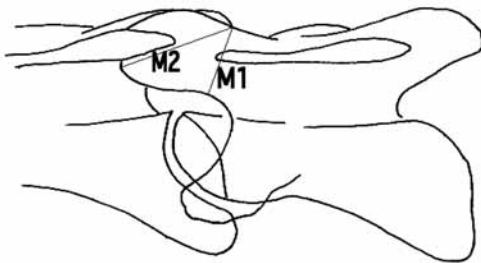


Abb 12 Messstrecken M1 und M2 *Position of the line segments M1 and M2*

Veränderungen zu erkennen. Die Messmethode ermöglicht eine objektivere Beurteilung der Halswirbelsäule auf Röntgenaufnahmen und kann leicht auch von Praktikern mit weniger Erfahrung verwendet werden.

- Grundlage der Beurteilung ist eine latero-laterale Röntgenaufnahme der korrekt gelagerten Halswirbelsäule.
- Jedes abgebildete Intervertebralgelenk sollte deutlich und ohne Überlagerungen zu erkennen sein. (Das Foramen intervertebrale laterale sollte gut abgrenzbar sein.)
- Für die Messungen reicht ein gewöhnliches Lineal mit Millimetermaßstab. Liegen digitalisierte Röntgenaufnahmen mit modifizierter Abbildungsgröße vor, muss ein Lineal mit entsprechendem Maßstab verwendet werden.
- Die Messstrecken M1 und M2 können direkt auf der Röntgenaufnahme am Negatoskop gemessen werden.
- M 1 ist die Strecke zwischen dem kaudalen Punkt des Foramen intervertebrale und dem gegenüberliegenden, höchsten Punkt des Gelenkhalses.
- M 2 ist die Distanz, die am letzten Messpunkt beginnt und sich bis zum äußersten, kranialen Punkt an der Gelenkfacetten erstreckt.

Die Ergebnisse der Messungen können anschließend mit den Referenzwerten aus Tabelle 2 verglichen werden. Liegen die

Werte außerhalb der für den sechsten und siebten Halswirbel angegebenen Normalwerte, ist das Vorliegen einer Arthrose wahrscheinlich.

Um Fehler bei der Beurteilung der Größenverhältnisse der Wirbelgelenke infolge von Vergrößerungsfaktoren auf den Aufnahmen zu vermeiden, wurden die Längen (M3) der Halswirbel als Referenzwert für normale und arthrotische Halswirbel angegeben.

Möchte man ein Intervertebralgelenk mit Hilfe der Werte aus Tab. 1 auf arthrotische Vergrößerungen hin untersuchen, muss zunächst der Abbildungsfaktor der eigenen Aufnahme bestimmt werden. Wenn die Länge (M3) des zu untersuchenden Wirbels im Bereich der angegebenen Referenzwerte für M3 liegen, kann das Intervertebralgelenk direkt mit den Werten aus Tabelle 1 beurteilt werden. Sollte M3 des zu untersuchenden Wirbels jedoch erheblich von den Referenzwerten abweichen, muss zunächst der Vergrößerungsfaktor der eige-

Tab 2 Referenzwerte für die drei wichtigsten Messwerte von juvenilen und adulten Pferden.
Reference values of the three most important cervical measurements of juvenile and adult horses.

	Juvenile Pferde (bis 3 Jahre)		Adulte Pferde (älter als 3 Jahre)	
	Gesund	Arthrose	Gesund	Arthrose
M1				
C6	32.6 mm	40.2 mm	32.1 mm	39.1 mm
C7	35.3 mm	49.3 mm	39.2 mm	50.3 mm
M2				
C6	55.4 mm	58.1 mm	57 mm	64.4 mm
C7	58.7 mm	66.6 mm	57.4 mm	70.5 mm
M3				
C6	94.0 mm	90.5 mm	96.2 mm	99 mm
C7	84.5 mm	77.3 mm	80.6 mm	81.8 mm

nen Aufnahme mit einem Dreisatz errechnet werden. Mit dem errechneten Vergrößerungsfaktor können dann die Werte M1 und M2 der Tabelle 1 für die eigene Aufnahme angepasst werden.

Literatur

- Bargon G. und H. Henkemeyer (1977): Long-term radiological and clinical observations following surgery for tibio-fibular syndesmosis after fractures of the upper ankle joint. *Fortschr. Röntgenstr.* 126, 542-545
- Böhm D. und W.-G. Hebel (1980): Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 93, 181-184
- Butler J. A., C. M. Colles, S. J. Dyson, S. E. Kold und P. W. Poulos (1993): *Clinical radiology of the horse*, Blackwell Science, 357-376
- Clayton H. M. und H. G. G. Townsend (1989): Cervical spinal kinematics: a comparison between foals and adult horses. *Equine Vet. J.* 21, 193-195
- Clayton H. M. und H. G. G. Townsend (1989): Kinematics of the cervical spine of the adult horse. *Equine Vet. J.* 21, 189-192
- Dahme E. und H. Schebitz (1970): Zur Pathogenese der spinalen Ataxie des Pferdes unter Zugrundelegung neuerer Befunde. *Zbl. Vet. Med. A.* 17, 120-143
- Dimock W. W. (1950): „Wobbels“ – An hereditary disease in horses. *Jour. Heredity*, 41, 319
- Dimock W. W. (1950): Incoordination of horses (wobbles). *Ky. Agr. Expt. Sta. Bul.* 553

- Dimock W. W. und B. J. Errington (1939): Incoordination of equidae: Wobblers. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 95, 261-267
- Evans F. G. (1970): Some basic aspects of biomechanics of the spine. *Archs. phys. Med.* 51, 214
- Falco M., K. Whitwell und A. C. Palmer (1976): An investigation into the genetics of „Wobbler Disease“ in thoroughbred horses in Britain. *Eq. Vet. J.* 8, 165
- Gavin, P. (1986): The equine spine. In: *Textbook Vet. Diagn. Rad.* Thrall D. E., Ed. Saunders, Philadelphia
- Gerber H. (1994): *Pferdekrankheiten Band I*, Verlag Eugen Ulmer & Co., 247-249
- Gerber H., R. Frankhauser, R. Straub und G. Ueltschi (1980): Spinale Ataxie beim Pferd, verursacht durch synoviale Cysten in der Halswirbelsäule. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 122, 95-106
- Gerber H., G. Ueltschi, M. Diehl, U. Schatzmann und R. Straub (1989): Untersuchungen an der Halswirbelsäule des Pferdes – Eine klinisch-radiologische Studie. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 131, 311-321
- Goel V. K., C. R. Clark, D. McGowan und S. Goyal (1984): An in vitro study of the kinematics of the normal, injured and stabilized cervical spine. *J. Biomech.* 17, 363-376
- Hall D. A. (1976): *The ageing of connective tissue.* Academic Press, New York.
- Hüsler J. und H. Zimmermann (1996): *Statistische Prinzipien für medizinische Projekte*, 2. Aufl., Verlag Hans Huber, 185-221
- Jones T. C., E. R. Doll und R. G. Brown (1954): The pathology of equine incoordination (ataxia or „wobblers“ of foals). *Proc. Amer. vet. med. Assoc.*, 139-149
- Lanyon L. E. (1984): Funktional strain as a determinant for bone remodeling. *Calcif. Tissue Int.* 36, 56
- Lanyon L. E. und C. T. Rubin (1984): Static versus dynamic loads as an influence on bone remodeling. *J. Biomechanics* 17, 897
- Mayhew I. G. und R. J. Mackay (1982): Spinal malformations. In *Mansmann R. A., McAllister E. S. und Pratt P. W.: Equine Medicine and Surgery.* Drawer, Santa Barbara, 3. Aufl., 1213-1224
- Mayhew I. G., R. H. Whitlock und A. de Lahunta (1978): Spinal cord disease in the horse. *Cornell Vet.*, 68 Suppl. 6, 13-69
- Mechlenburg G. (1967): Untersuchungen der Halswirbelsäule und des Rückenmarkes beim Pferd im Hinblick auf Veränderungen bei der spinalen Ataxie. *Med. Vet. Diss. Hannover*
- Milne D., A. Gabel, C. Chrisman und A. Fetter (1973): Diagnosis and pathology of the wobbler syndrome (spondylolisthesis): A preliminary study. *Proc. 19th ann. Conv. Amer. Assoc. Equine Pract.* 303-309
- Murone I. (1974): The importance of the saggital diameters of the cervical spinal canal in relation to spondylosis and myelopathy. *J. Bone Jt. Surg.* 56B, 30-36
- Nickel R., A. Schummer und E. Seiferle (1992): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band I, Paul Parey Verlag 6. Aufl., 37-60
- Nixon A. J., T. S. Stashak und J. T. Ingram (1983): Diagnosis of cervical vertebral malformation in the horse. *Proc. Amer. Ass. Eq. Prac.* 28, 253-266
- Nurick S. (1972): The pathogenesis of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis. *Brain* 95, 87-100
- Papagerorges M., P. R. Gavin, R. D. Sande, D. D. Berbee und B. D. Grant (1987): Radiographic and myelographic examination of the cervical vertebral column in 306 ataxic horses. *Vet. Radiol.* 28, 53-59
- Pohlentz J. und L. C. Schulz (1966): Rückenmarksveränderungen bei der spinalen Ataxie des Pferdes in ihrer Abhängigkeit von Ort und Grad der Veränderungen am Halswirbelskelett. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 73, 533-536
- Powers B. E., T. S. Stashak, A. J. Nixon, J. V. Yovich und R. W. Norrdin (1963): Pathology of the vertebral column of horses with cervical static stenosis. *Vet. Pathol.* 23, 392-399
- Prickett M. E. (1968): Equine spinal ataxia. *Proc. Am. Ass. equine Pract.*, 147
- Rantanen N. W., P. R. Gavin, D. D. Barbee und R. D. Sande (1981): Ataxia and paresis in horses. Part II. Radiographic and myelographic examination of the cervical vertebral column. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 3, 161
- Reed S. M., W. M. Bayly, J. L. Traub, A. Gallina und L. M. Miller (1981): Ataxia and paresis in horses. Part I: Differential diagnosis. *Compend. Contin. Ed. Pract. Vet.* 3, 88-93
- Reed S. M., J. Newberry, K. Norton und W. M. Bayly (1985): Pathogenesis of cervical vertebral malformation. *Proc. Am. Ass. Equine Pract.* 21, 37-42
- Rooney J. R. (1963): Equine incoordination. I *Gross Morphologie.* *Cornell vet.* 53, 411-422
- Rooney J. R. (1969): *Biomechanics of Lameness in Horses.* Williams and Wilkins, Baltimore
- Schebitz H. und L. C. Schulz (1965): Zur Pathogenese der spinalen Ataxie beim Pferd – Spondylarthrosis, klinische Befunde. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 72, 493-496
- Schulz L. C., H. Schebitz, J. Pohlentz und G. Mechlenburg (1965): Zur Pathogenese der spinalen Ataxie des Pferdes – Spondylarthrosis. *Pathologisch-anatomische Untersuchungen.* *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 72, 502-506
- Steel J. D., H. J. Whittum und D. R. Hutchins (1959): Equine sensory ataxia („Wobblers“). *Australian Vet. J.* 35, 442
- Ten Have H. A. M. und F. Eulderik (1980): Degenerative changes in the cervical spine and their relationships to its mobility. *J. Pathol.* 132, 133-159
- Wagner P. C., B. D. Grant, B. L. Watrous, L. H. Appel und L. L. Blythe (1985): A Study of the heritability of cervical vertebral malformation in horses. *Proc. Am. Ass. Equine Pract.*, 43-49
- Whitwell K. E. (1980): Causes of ataxia in horses. *In Practice* 2, 17-24
- Wright F. und A. C. Palmer (1969): Morphological changes caused by pressure on the spinal cord. *Path. Vet.* 6, 355

Prof. G. Ueltschi
 Universität Bern
 Departement für klinische Veterinärmedizin
 Postfach 8466
 Längsassestrasse 124
 3000 Bern / Schweiz
 gottlieb.ueltschi@knp.unibe.ch

Pferdeheilkunde Curriculum
 Orthopädie II - proximale Gliedmaßen, Hals und Rücken
 Astrid Rijkenhuizen und Peter Stadler
 16.-17. September 2006